Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Halle a. S.
(Direktor Geh. Rat Prof. Dr. Koerner).

# Das Silicium und seine Einwirkung auf die Gewebe des menschlichen Organismus im allgemeinen sowie auf die Zahnpulpa insbesondere.

## Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
eingereicht
der hohen medizinischen Fakultät der
vereinigten Friedrichsuniversität
zu Halle
von

**Otto Miehe**
Zahnarzt in Leipzig

Buchdruckerei W. TSCHIRPE, Neustadt an der Orla
* 1920 *

Gedruckt mit Genehmigung der
**medizinischen Fakultät der Universität Halle.**
Referent: Geh. Rat Prof. Dr. Koerner.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

# Das Silicium und seine Einwirkung auf die Gewebe des menschlichen Organismus im allgemeinen, sowie auf die Zahnpulpa insbesondere .. .. .. .. .. ..

Seit Einführung der kieselsäurehaltigen Silikatzemente in die Zahnheilkunde ist, nachdem die Schädigungen, die diese Füllungsart recht häufig an den mit ihr gefüllten Zähnen hervorrief, bekannt wurden, neben dem Arsen und der Zementflüssigkeit auch die Kieselsäure als Grund für die aufgetretenen Pulpentode genannt worden. Genauere Untersuchungen über die Einwirkung der Kieselsäure bei direkter Applikation auf die Gewebe allgemein oder auch speziell auf die Pulpa verbunden mit histologischen Untersuchungen, welche die einzige Möglichkeit bieten, Klarheit zu erlangen, sind bislang meines Wissens nach noch nicht ausgeführt.

In der zahnärztlichen Literatur ist das Silicium nie als solches, sondern stets als Bestandteil irgend eines Silikatzementpulvers behandelt worden. Es sind daher auch alle Schlüsse auf Grund dieser oder jener Erfahrungen mit Silikatzementfüllungen auf die Wirkung der Kieselsäure rein hypothetischer Natur.

Ich habe es mir in vorliegender Arbeit zur Aufgabe gemacht, bei gleichzeitigem Studium des Einflusses der Kieselsäure auf die Gewebe, die Art ihrer Wirkung auf die Zahnpulpa an Hand von Versuchen mit nachfolgender histologischer Untersuchung nachzuweisen, wobei ich darauf aufmerksam mache, daß ich mich auf die zahnärztliche Literatur in keiner Weise gestützt habe, da sie eben, wie bereits gesagt, bezüglich des Siliciums lediglich Hypothesen aufgestellt hat. Nur eine Arbeit über Silikatzementfüllungen habe ich vergleichsweise mehrmals erwähnt und zwar die von A. Bonn, Berlin: „Die devitalisierende Wirkung von Silikatzementfüllungen auf die Pulpa". In dieser Arbeit sind Versuche mit Siliciumdioxyd gemacht worden, die teilweise das gleiche, teilsweise aber ein gänzlich anderes Bild der Wirkung der Kieselsäure auf die Pulpa entrollen, wie die von mir angestellten Versuche.

Bevor ich auf meine Untersuchungen näher eingehe, möchte ich zunächst in knapper Form etliche Angaben machen über die Chemie des Kiesels, die von mir zu den Versuchen verwandten Kieselverbindungen, die Beziehungen des Siliciums zum Organismus und seine Wirkung auf denselben, soweit solche bereits von anderer Seite wissenschaftlich erforscht ist.

## Das Silicium und seine von mir angewandten Verbindungen .. .. .. ..

Das Silicium kommt in der Natur nie frei, sondern nur gebunden vor. Es gehört zu den verbreitetsten Elementen und bildet mit seinen anorganischen Verbindungen einen großen Teil der Oberfläche des Erdballs. In seinen organischen Verbindungen dagegen finden wir es beim Aufbau des Tier- und Pflanzenkörpers beteiligt. Für meine Versuche kamen einschl. dem chemisch reinen Silicium folgende Präparate in Betracht:

1) das Siliciumdioxyd $SiO_2$
2) das chemisch reine Silicium $Si_2$
3) die kolloidale Kieselsäure $H_4SiO_4$
4) das kieselsaure Natrium $Na_2SiO_3$
5) das kieselsaure Kalium $K_2SiO_3$
6) neutralisierte Kieselsäurelösungen.

Alle übrigen Kieselsäureverbindungen, die organischen sowohl, wie die anorganischen, sind entweder derartig zusammengesetzt, daß sie bei ihrer Verwendung für den Nachweis einer spezifischen Siliciumwirkung nicht mehr in Frage kommen können, oder aber die Verbindungen sind derart schwer herstellbar resp. leicht zerfallbar, daß sie aus diesem Grunde ihre Verwendung für meine Zwecke unmöglich machten, z. B. die Ortho-, Meta- und Polysilikate nebst den Polykieselsäuren.

### 1. Das Siliciumdioxyd.

Bei dem Siliciumdioxyd, auch Kieselerde, Kieselsäureanhydrit oder kurz Kieselsäure genannt, müssen wir mineralogisch zwei Arten unterscheiden, die kristallisierte und die amorphe Kieselerde. Ich habe beide zu meinen Versuchen verwandt und beide mit gleichem Erfolge. Das kristallische Siliciumdioxyd habe ich fein pulverisiert und chemisch rein durch eine Apotheke bezogen, während ich mir die amorphe Kieselerde selbst herstellen mußte. Ich gewann sie aus der Kieselsäuregallerte auf späterhin beschriebene Weise. Das amorphe Siliciumdioxyd löst sich ziemlich gut in wässerigen Lösungen der kaustischen und kohlensauren Alkalien, das kristallinische dagegen nur sehr wenig. In Säuren, mit Ausnahme der Fluorwasserstoffsäure, ist Siliciumdioxyd beider Formen unlöslich. Wichtig für mich war die Frage der Löslichkeit des Siliciumdioxyds in Wasser und Eiweißlösung. Diese Frage ist durch wissenschaftliche Arbeiten von Pauli-Samek (siehe Lit. Verz.) gelöst. Dieser fand folgende Durchschnittswerte:

| Wasser | Serum | 1,5% Gelatine |
|---|---|---|
| 0,023 | 0,030 | 0,027 |

Gramm feuerbeständiges Silicium in 100 Gramm Lösung.

Die wässerige Lösung des Siliciumdioxyds, das sogenannte aqua silicata habe ich mir sowohl selbst hergestellt, als auch der Kontrolle halber durch die homöopathische Apotheke von Dr. Schwabe, Leipzig, bezogen.

### 2) Das chemisch reine Silicium.

Chemisch reines Silicium war käuflich nicht zu erhalten. Ich habe es mir selbst hergestellt durch Reduktion von Siliciumdioxyd mittels pulverisiertem magnesium metallicum nach der Formel:

$$2SiO_2 + 2Mg_2 = Si_2 + 4MgO$$

Aus der so erhaltenen Masse bestehend aus Silicium und Magnesiumoxyd habe ich letzteres mit verdünnter Salzsäure ausgezogen. Ich erhielt dann das Silicium als schwarzbraunes, amorphes Pulver. Um jedoch tatsächlich reines Silicium zu erhalten, muß man reichlich Magnesium zum $SiO_2$ zusetzen oder den Reduktionsprozeß am besten doppelt ausführen, indem man die nach dem ersten Prozeß erhaltene Masse nochmals mit Magnesium mischt und erhitzt. Andernfalls wird man leicht noch nicht reduziertes $SiO_2$ in Form von weißen Pünktchen in dem schwarzbraunen Siliciumpulver vorfinden.

### 3) Die kolloidale Kieselsäure.

Die kolloidale Kieselsäure, auch Orthokieselsäure genannt, konnte ich ebenfalls käuflich nirgends erwerben, sodaß ich zur Selbstherstellung schreiten mußte. Ich gewann sie aus einer wässerigen Lösung von Natriumsilikat, der ich chemisch reine Salzsäure zusetzte nach der Formel:

$$Na_2SiO_3 + H_2O + 2HCl = H_4SiO_4 + 2NaCl$$

Hierbei fiel die kolloidale Kieselsäure als Gallerte aus, welche letztere ich zur Befreiung vom Natriumchlorid ungefähr 6 Wochen einem Dialisierungsprozeß unterwarf. Die so erhaltene Gallerte habe ich teils als solche verwandt, teils habe ich sie in einem Glasgefäß langsam eintrocknen lassen, sodaß sie eine opalartige, gelblichbraune Masse wurde. Beide Formen der kolloidalen Kieselsäure habe ich mit gleichem Erfolge gebraucht. Den Rest der Gallerte habe ich durch Erhitzen mit nachfolgendem Glühen in das Anhydrit, das bereits erwähnte amorphe Siliciumdioxyd, übergeführt.

### 4) Das kieselsaure Natrium.

Das kieselsaure Natrium habe ich in chemisch reinem Zustande bezogen. Da aber das als chemisch rein abgegebene Natriumsilikat nichtsdestoweniger zuweilen mehr oder minder große Spuren von

Natronlauge aufweist, habe ich es daraufhin in folgender Weise geprüft.

In ungefähr 40 Gramm 90% Alkohol goß ich mehrere Gramm kieselsaures Natrium. Sofort bildete sich ein zunächst gallertartiger, durchsichtiger, allmählich fester und weiß werdender Niederschlag. Nach Abfiltrieren der Flüssigkeit durfte diese, wenn keine Beimischungen von Natronlauge vorhanden war, keine alkalische Reaktion geben. Dies war auch der Fall. Rotes Lackmuspapier wurde nicht blau gefärbt.

**5) Das kieselsaure Kalium.**

Das kieselsaure Kalium konnte ich ebenfalls in chemisch reinem Zustande erhalten. Wie beim kieselsauren Natrium wurde auch hier die Probe auf Vorhandensein von Natronlauge gemacht und ebenfalls mit negativem Erfolge.

**6) Neutralisierte Kieselsäurelösungen.**

Von den soeben besprochenen fünf Siliciumpräparaten sind nur die kolloidale Kieselsäure, die eine schwache Säure darstellt, das Natrium- und das Kaliumsilikat, welche letzteren stark alkalisch reagieren, in nennenswerter Menge wasserlöslich. Es fehlte mir mithin ein wasserlösliches neutral reagierendes Siliciumpräparat. Daher stellte ich mir ein solches auf folgende Weise her.

Durch Einbringen etlicher Klumpen der nach bereits besprochenem Verfahren hergestellten Kieselsäuregallerte in einen Teil Wasser stellte ich mir eine gesättigte wässerige Kieselsäurelösung her, in der ich die überschüssige Kieselsäuregallerte zunächst ruhig beließ. Zu dieser Lösung setzte ich ganz allmählich Natriumsilikat hinzu, bis die saure Reaktion aufgehoben wurde, sodaß die Lösung nun weder rotes Lackmuspapier blau noch umgekehrt blaues rot färbte. Die erwähnten überschüssigen Kieselsäuregallerteklumpen erwiesen sich auch als neutralisiert.

Eine andere neutrale wässerige Kieselsäurelösung stellte ich mir auf gleiche Weise her, nur daß ich statt des Natriumsilikates das Kaliumsilikat zur Neutralisierung verwandte. In ihrer Wirkung taten beide Lösungen gleiche Dienste.

Trotz ihrer Neigung bei Erwärmung in die Metakieselsäure überzugehen, läßt sich die Kieselsäuregallerte abkochen und somit sterilisieren. Schon bei geringer Erwärmung oder auch nur zu schneller Wasserentziehung z. B. durch Trocknen auf Fließpapier geht sie in die Metakieselsäure $H_2SiO_3$ über, die sich bezüglich ihrer Wasserlöslichkeit ungefähr wie $SiO_2$ verhält. Ebenso verhält sich auch die mit Natrium- oder Kaliumsilikat neutralisierte Kieselsäuregallerte. Sie geht bei Erwärmung oder zu schneller Trocknung

ebenfalls in eine amorphe Form über, die nahezu wasserunlöslich ist und aus der sich das zur Neutralisierung gebrauchte Natrium- resp. Kaliumsilikat im Wasser nicht wieder ausscheiden läßt. Ich will im Folgenden den Sterilisierungsprozeß der neutralisierten kolloidalen Kieselsäure beschreiben.

Die Lösung evtl. mit überschüssiger Gallerte wird abgekocht. Diese heiße Lösung reagiert zunächst nicht mehr neutral, sondern alkalisch. Nach ihrer Abkühlung auf ungefähr 30—35 Grad Celsius ist entweder die neutrale Reaktion wieder vorhanden, oder aber sie muß durch Korrektion wieder hergestellt werden. Hierauf wird erneut, nach jedesmal vorheriger Abkühlung, noch zweimal abgekocht. Jetzt ist nur bei Siedehitze eine ganz leichte alkalische Reaktion bemerkbar. Nach Herabsinken der Temperatur auf 30—35 Grad Celsius reagiert die Lösung neutral. Die so erhaltene Lösung ist $2^1/_2\%$, d. h. auf 100 Gramm derselben habe ich nach Eindampfung 2,5 Gramm feuerfester Siliciumrückstände erhalten.

Zu meinen Versuchen habe ich stets konzentrierte wässerige Lösungen der kolloidalen Kieselsäure wie der neutralisierten Kieselsäure verwandt, soweit beide für Injektionen gebraucht wurden. Die Lösungen waren $1^3/_4\%$ bezw. $2^1/_2\%$ in frisch hergestelltem Zustande. Blieben die Lösungen stehen, so setzte sich Gallerte ab, die jedoch durch Schütteln des Gefäßes wieder zur Lösung gebracht werden konnte. Höhere als die genannten Lösungen konnte ich nicht herstellen. Die Lösung war bei vermehrtem Zusatz von Gallerte unter Umschütteln zwar zunächst noch klar, aber im durchfallenden Lichte bemerkte man die ungelöste Gallerte in Form von durchsichtigen, zähschleimigen Wolken in der Flüssigkeit schweben. Nach ruhigem Hinstellen des Gefäßes begann sich die überschüssige Gallerte sofort auf dem Boden desselben wieder zu sammeln. Bei noch stärkerem Zusatz von Gallerte unter Umschütteln erhielt ich eine getrübte Flüssigkeit, die das Aussehen von Seifenwasser hatte und in der man im durchfallenden Lichte die überschüssige Gallerte in kleinen und kleinsten Schollen in der Flüssigkeit verteilt erblickte.

### Die Lipoidlöslichkeit des Siliciums.

Schließlich sei noch die Untersuchung der Lipoidlöslichkeit des chemisch reinen Siliciums und des Siliciumdioxyds erwähnt. Eine solche machte sich zur Aufklärung der erhöhten Wirkung genannter Mittel auf die Pulpa notwendig und wurde in folgender Weise ausgeführt. Nach Prüfung der Lösungsfähigkeit des Siliciums und des Siliciumdioxyds in Benzol fand die gleiche Prüfung in mit Benzol hergestellter $9\%$ Lipoidlösung statt. Die Differenz beider Resultate

ergab dann die Lipoidlöslichkeit. Zur Herstellung zweier Lipoidlösungen habe ich vergebens versucht Cholestearin und Lecithin als die geeignetsten Mittel zu bekommen. Es war jedoch unmöglich. Als Ersatz nahm ich daher adeps lanae anhydricus. Die Versuche fielen negativ aus; weder im Benzol noch in der Lipoidlösung war eine Lösung des chemisch reinen Siliciums und des Siliciumdioxyds aufgetreten.

## Die Beziehungen der Kieselsäure zum Organismus und ihre Wirkungen auf denselben.

Nach den Arbeiten von H. Schulz, A. Kühn, M. Gonnermann, H. Kahle, Simi Schwarz und Helwig (siehe Lit.-Verzeichnis).

Sämtliche tierischen wie menschlichen Organe und Gewebe enthalten Kieselsäure. Vor allem enthält das Bindegewebe stets Kieselsäure, kein Bindegewebe ohne Kieselsäure, weshalb ein direktes Abhängigkeitsverhältnis zwischen dem Kieselsäuregehalt der Organe und ihrem mehr oder minder großen Bindegewebsreichtum besteht. Durch Analysen aus der Trockensubstanz resp. der Asche der Gewebe hat H. Schulz dies einwandfrei nachgewiesen. Eine weitere bemerkenswerte Tatsache ist die, daß die Kieselsäure bei dem gleichen Gewebe in der Jugend des Individuums höher ist wie im Alter und am höchsten im embryonalen Bindegewebe. Aus diesem ausnahmslosen Vorkommen der Kieselsäure im Bindegewebe und vor allem aus ihrem besonders hohen Gehalt im embryonalen Zustande desselben geht hervor, daß das Vorhandensein von Kieselsäure mit zu den Lebens- und speziell auch zu den Weiterentwickelungsbedingungen des Bindegewebes gehört. Da es einerseits kein Organ ohne Bindegewebe gibt, andererseits der Gehalt der Organe an Bindegewebe ein sehr verschiedener ist, so ist auch der Gehalt an Kieselsäure in den einzelnen Organen mehr oder minder hoch. Man kann daher aus dem Kieselsäuregehalt der Asche menschlicher Organe mit Sicherheit auf ihren Gehalt an Bindegewebe schließen.

Die Zufuhr der für den Körper notwendigen Kieselsäuremengen geschieht durch den Ernährungsprozeß. Die Ausscheidung derselben findet sowohl durch den Harn, wie auch durch den Darm, speziell den Dickdarm, statt. Die tägliche Absonderung beträgt nach H. Schulz beim normalen Menschen durchschnittlich 0,1 Gramm. Bei Tuberkulose- sowie Carcinomerkrankungen ist die Ausscheidung pro die bedeutend geringer (siehe H. Kahle, Lit.-Verz.).

Bei der Wichtigkeit, die das Bindegewebe für die gesamte Entwicklung und Erhaltung unseres Körpers besitzt, müssen daher Störungen im Kieselsäurehaushalt des Körpers zu schweren Erscheinungen führen. Derartige Störungen wären z. B. ein Mangel an Kieselsäure oder eine Übersättigung des Körpers mit Kieselsäure. Vom Auftreten eines Mangels ist bislang nichts bekannt geworden, und meiner Ansicht nach ist ein solcher auch nicht zu befürchten. Er läßt sich selbst experimentell nicht einmal herstellen, denn bei dem doch immerhin relativ geringen Bedürfnis des Körpers an Kieselsäure wird ihm diese, da sie in allen vegetabilischen und animalischen Nährmitteln enthalten ist, in genügender Menge zugeführt und eine Befreiung von Nahrungsmitteln vom Silicium unter Erhaltung der Genußfähigkeit ist schlechterdings unmöglich. Anders steht es mit der Übersättigung. Diese ist experimentell durch H. Schulz bereits durchgeführt mit folgendem Ergebnis.

Das Nervensystem, das zentrale wie das periphere, geraten bei annormal starker Zufuhr von Kieselsäure sehr bald in einen ausgesprochenen krankhaften Zustand. Tagsüber sind das Gefühl der Müdigkeit, nachts Aufschrecken unter beängstigenden Träumen sowie Kopfschmerzen verbunden mit nervöser Reizbarkeit oder auch herabgesetzte psychische Leistungsfähigkeit zur Folge. Auch Seh- und Gehörstörungen sowie Schwindelgefühl, sogar bei ruhigem Sitzen, sind beobachtet worden. Allgemein herrscht das Gefühl der Schlaffheit. Weiterhin tritt Zittern der Hände auf, Schmerzen in den Muskeln wie nach Überanstrengung, bei Gicht oder Rheumatismus. Mitunter folgen diese Schmerzen auch dem Verlaufe von Nerven z. B. des Ischiadicus. Auch in den Gelenken und Knochen, besonders der Extremitäten, stellen sich starke anhaltende Schmerzempfindungen ein.

Herz- und Gefäßsystem scheinen von der Wirkung der Kieselsäure weniger ungünstig beeinflußt zu werden, obgleich auch Anfälle von Herzklopfen, sowie Kongestionen nach dem Kopfe und der Brust vorkommen sollen.

An den Atmungsorganen hat H. Schulz im Gegensatz zu früheren Versuchsanstellern nachteilige Einflüsse der Kieselsäure nicht festgestellt.

Einen sehr starken Einfluß übt die Kieselsäure auf den Verdauungsapparat aus. Schon nach kurzem Einnehmen der Kieselsäure tritt starker Meteorismus auf verbunden mit heftigem Kollern im Darm und Leibschmerzen. Zugleich besteht Stuhldrang bei unregelmäßigem Stuhlgang und häufig auch Magenkatarrh mit seinen Begleiterscheinungen.

Die Mundhöhle erscheint ausgetrocknet, wobei zuweilen

entzündliche und geschwürige Prozesse an der Gaumenschleimhaut entstehen.

Die Diurese ist individuell vermehrt oder vermindert.

Die männlichen Sexualorgane sollen anfangs zu häufigen Erektionen und Ejakulationen neigen, denen alsdann eine Zeit herabgeminderter Erregbarkeit folgt, während bei Frauen zu häufige Menses auftreten.

Nicht unbedeutend macht sich die Einwirkung der Kieselsäure auf die Haut bemerkbar. Zunächst entsteht sich immer weiter ausbreitende Akne, worauf an den verschiedensten Stellen Furunkel erscheinen, die alle die Eigenschaft haben, sehr in die Tiefe zu gehen. Unter lästigem Juckreiz auf der Haut, besonders der Kopfhaut, fallen Haupt- und Barthaare stark aus. Auf der Kopfhaut bilden sich in vermehrtem Maße Schuppen, während unter Auftreten von Schmerzen, mitunter sogar geschwürigen Prozessen, im Nagelbett die Nägel annormal schnell wachsen, um dann brüchig und splittrig zu werden.

Die soeben geschilderten Erscheinungen werden noch vermehrt durch eigentümliche papulöse Ausschläge und eine verstärkte Tätigkeit der Schweißdrüsen an Händen und Füßen, wobei die Haut zwischen den Fingern und Zehen nekrotisch wird und sich abstößt. Neben den Schweißdrüsen geben aber auch die Lymphdrüsen durch Anschwellung deutlich Zeugnis, daß auch auf sie die Kieselsäure ihre Wirkung auszuüben vermag.

## Die therapeutische Verwendung der Kieselsäure

Zu therapeutischen Zwecken wird das Silicium innerlich in der Heilkunde vor allem von den Homöopathen gebraucht. Die Verwendung des Natrium- und Kaliumsilikates zu chirurgischen Verbänden kommt als therapeutische Maßnahme nicht in Betracht, weil das Natrium- resp. Kaliumsilikat in diesem Falle nur technisch zur Versteifung eines Verbandsmaterials gebraucht wird. Die Homöopathie verwendet das Silicium als Schachtelhalmtee bei chronischen Nieren- und Blasenleiden, Gicht und Cholelithiasis, ferner in Form von Mineralwässern oder auch in Verreibung mit Milchzucker 1 : 1000 oder noch höherprozentig und als aqua silicata, einer wässerigen Lösung von $SiO_2$. Aber auch bei anderen Erkrankungen wird die Kieselsäure therapeutisch angewandt, z. B. bei Affektionen der Knochen, der Haut, der Drüsen sowie bei skrophulösen und rhachitischen Zuständen.

Weiter bedient man sich der Kieselsäuretherapie im Kampfe gegen die Tuberkulose gewöhnlich in Verbindung mit der Kalktherapie. Die Kieselsäure veranlaßt resp. befördert hier den bindegewebigen Ersatz der durch den Zerfall der Tuberkelherde entstandenen Gewebsverluste, was bei dem Abhängigkeitsverhältnis des Wachstums und der Existenzbedingungen des Bindegewebes von dem Vorhandensein von Kieselsäure leicht erklärlich ist (siehe Lit.-Verz. A. Kühn, H. Gerhartz, A. Striegel, Ladendorf, G. Zickgraf).

Aber auch sonst ist die Kieselsäure therapeutisch noch recht gut verwendbar um die Wundheilung günstig zu beeinflussen, sowie zur Stabilisierung der Abwehrkräfte des Blutes gegen Mikroorganismen, da durch die Behandlung mit Kieselsäure sowohl eine verstärkte Phagocytose infolge Vermehrung der polynucleären Leukocyten als auch, vielleicht mit infolge hiervon, eine leichtere Wundheilung erreicht wird (siehe Lit.-Verz. Helwig, Simi Schwarz).

## Eigene Versuche mit Silicium und ihre Resultate .. .. .. .. .. ..

Die erste Reihe meiner Versuche begann ich in der Absicht, Klarheit über die Einwirkung des Siliciums resp. seiner Verbindungen auf die menschliche Zahnpulpa zu gewinnen und es ist dieser Teil der Versuche daher am Menschen ausgeführt. An dieser Stelle habe ich, um die Klarheit der fortlaufenden Schilderung zu wahren, auf ein Hineinflechten von Krankengeschichten verzichtet und mich auf die Mitteilung der Gesamtergebnisse der Versuche beschränkt. Eine Auswahl von Krankengeschichten speziell derjenigen, die auch histologisch untersucht wurden, sind am Schlusse der Abhandlung aufgeführt.

Im Folgenden werde ich die fünf Spezialfälle beschreiben, in die ich die Versuche mit den bereits genannten Siliciumpräparaten ausnahmslos eingeteilt habe, wobei ich darauf aufmerksam mache, daß alle Mittel in sterilem Zustande gebraucht wurden.

Zunächst erfolgten Einlagen in Cavitäten, die so gewählt waren, daß ungefähr die Schmelz-Dentingrenze den Boden der Höhle bildete, um ein Bild von der Einwirkung der Substanzen auf die Empfindlichkeit des Dentins, welche letztere, wie bekannt, gerade an dieser Stelle besonders stark ist, zu bekommen. Als Verschluß diente, wie auch in allen anderen Fällen, gut haftende Guttapercha. Ich wählte bei derartigen oberflächlichen Cavitäten

nach Möglichkeit zwei benachbarte Schneidezähne, von denen der eine mesial, der andere benachbart distal defekt war und separierte etwas stärker, so daß die Einlagen unter geringem Druck standen. Im zweiten Spezialfalle war die Cavität so gewählt, daß die Höhlung tiefer im Dentin, aber noch nicht in unmittelbarer Nähe der Pulpa lag. Im dritten Falle wurden alle Einlagen in unmittelbare Nähe der Pulpa gebracht, während die Pulpa beim vierten Falle punktförmig und beim fünften schließlich breit freigelegt wurde. In den Fällen, in denen eine entsprechende Wirkung auf die Pulpen eintrat, wurden diese extrahiert und zum größten Teil histologisch untersucht.

Die Versuche sind sowohl an Zähnen mit normaler Pulpa, sowie auch solchen mit Pulpitiden gemacht worden. Zur histologischen Untersuchung sind natürlich nur Pulpen von Zähnen mit normaler Pulpa oder leichter Pulpitis genommen, nachdem im letzteren Falle die Pulpitis durch die Einlagewirkung geschwunden war. Bei Pulpen in stärker pathologischem Stadium hätte ich sonst histologisch eine bereits bestandene pathologische Veränderung von einer nachträglich durch das betreffende Medikament verursachten im mikroskopischen Bilde unmöglich unterscheiden können.

### 1) Versuche mit Siliciumdioxyd.

Die ersten Versuche mit Siliciumdioxyd verliefen völlig resultatlos. Sowohl bei seiner Verwendung in der Region der Schmelz-Dentingrenze, wie tiefer im Dentin, in der Nähe der Pulpa oder nach ihrer punktförmigen Freilegung waren irgendwelche Anzeichen einer Wirkungsweise nicht zu bemerken. Ab und zu war wohl nach dem punktförmigen Freilegen der Pulpa die Reaktion derselben auf warm und kalt nicht mehr so intensiv wie vor der Einlage, aber groß war der Unterschied nicht, und ihn ohne weiteres auf das Konto einer Siliciumwirkung zu setzen erschien mir nicht angängig, weil ich ein derartiges Verhalten der Pulpa auch nach anderen durchaus reizlosen Einlagen bemerkt habe. Anders wurde es, als das $SiO_2$ auf die breit freigelegte Pulpa einwirken konnte. Zunächst möge die Einwirkung auf die normale Pulpa ihre Betrachtung finden.

Auf die nicht blutende, normale Pulpa wurde steriles, zu diesem Zwecke zuvor frisch ausgeglühtes Siliciumdioxyd in ausreichender Menge gebracht und unter Vermeidung jeglichen Druckes die Cavität verschlossen. Nach durchschnittlich drei bis vier Tagen wurden die Einlagen entfernt, worauf sich folgender Befund darbot.

Irgend eine Veränderung war auf den ersten Blick nicht wahrzunehmen. Schmerzen waren gleichfalls während der ganzen Dauer

der Einlagen nicht aufgetreten. Druck mit einem stumpfen Instrumente auf die freigelegte Pulpa in der Richtung nach der gegenüberliegenden Wand der Pulpahöhle löste gewöhnlich keinerlei Empfindung aus, während der Druck nach dem for. apicale zu in der Regel einen leichten Schmerz hervorrief. Empfindung beim Ausspritzen mit warmem oder kaltem Wasser war nicht vorhanden. Das Sondieren mit einer Donaldsonnadel war in etlichen Fällen unempfindlich, in der Mehrzahl der Fälle jedoch von mäßigem Schmerz begleitet. Bei den einwurzeligen Zähnen habe ich stets die Pulpa extrahiert. Das Einführen der Nervnadel war wiederum mit mäßigem Schmerz verbunden, der solange anhielt, wie die Nadel nach der Wurzelspitze zu geschoben wurde. Ließ ich alsdann die Nadel los, so stak sie ohne Schmerz zu erregen im Pulpagewebe. Die sich anschließende Extraktion der Pulpa war in den meisten Fällen schmerzlos oder doch nur mit sehr geringem Schmerz verbunden. Die nachfolgende Blutung war in den meisten Fällen als eine verhältnismäßig stärkere Blutung zu bezeichnen. In wenigen Fällen war sie gering, in ungefähr ebensovielen aber auch ziemlich stark. Nach Stillung der Blutung, die im allgemeinen unter Anwendung von Chlorphenol bald zum Stillstand kam, wurde meistens noch in derselben Sitzung die Wurzel gefüllt. Niemals jedoch, ob in derselben Sitzung nach Extirpation der Pulpa die Wurzelbehandlung beendet oder aber die Wurzel später gefüllt und abgeschlossen wurde, sind Nachschmerzen aufgetreten.

Betrachten wir nunmehr die Einwirkung des $SiO_2$ auf die pathologisch veränderte Pulpa. Eine Wirkung findet statt bei allen Pulpitiden, so lange sie noch nicht in Eiterung übergegangen sind. Bei der Pulpitis acuta partialis purulenta findet sie zwar auch statt, aber in Wirklichkeit ist diese durch Eröffnung des Pulpenkavums, wobei der Eiter abfließt, praktisch in die nicht eitrige Form der Pulpitis übergeführt, so daß das $SiO_2$ eigentlich gar nicht auf eine eitrige Pulpa gelegt wird. In allen stärker pathologischen Stadien, in denen die pathologische Veränderung im Pulpagewebe größere Ausdehnung angenommen hat, habe ich eine Wirkung nicht mehr konstatieren können.

Die erste Wirkung des $SiO_2$ nach Aufbringen desselben auf die entzündliche Pulpa stellte sich bereits unmittelbar darauf ein und zwar war es die Schmerzbeseitigung, die in allen Fällen eintrat, wo $SiO_2$ überhaupt wirkte. Der weitere Verlauf war derselbe wie bei der normalen Pulpa.

Vergleicht man den Befund, der sich nach Anwendung von $SiO_2$ darbietet mit dem, den man nach Devitalisierung der Pulpa durch acid. arsenicos. erhält vom rein klinischen Standpunkte aus,

so findet man, daß die Empfindlichkeit des Pulpagewebes nach Einlagen mit acid. arsenicos. eine stärkere Herabsetzung erfahren hat, als sie das $SiO_2$ herbeizuführen vermag, wenngleich ich zugeben muß, daß in wenigen Fällen bezüglich Aufhebung der Schmerzempfindung das $SiO_2$ den Grad der arsenigen Säure erreicht hat. Auch das Einführen der Nervnadel in den Wurzelkanal ist nach Anwendung von Siliciumdioxyd schmerzhafter, als nach Gebrauch von arseniger Säure, obgleich ich auch hier wieder Fälle zu verzeichnen habe, wo völlige Schmerzlosigkeit vorhanden war. Die Extraktion der Pulpa selbst ist nach Behandlung mit $SiO_2$ in der Regel genau so unempfindlich wie nach guter Arsenwirkung. Die Blutung dagegen ist, mit wenigen Ausnahmen, entschieden stärker, bisweilen sogar stark.

Vergleiche ich die eben dargelegten Befunde mit denen, die A. Bonn bei seinen Versuchen mit $SiO_2$ erhalten hat, so stimmen sie überein in den Resultaten, welche die Schmerzbeseitigung durch $SiO_2$ bei Pulpitis ergeben. Ferner wurden übereinstimmend eine gewisse Unempfindlichkeit der Pulpa nach mehrtägiger Wirkung des $SiO_2$ konstatiert, sowie die Tatsache stärkerer Nachblutung bei $SiO_2$, wie nach Arsenbehandlung, beobachtet.

Entgegengesetzte Resultate habe ich jedoch in folgenden Punkten aufzuweisen.

Bonn berichtet in seinen Krankengeschichten von einer Wirkung des $SiO_2$ auf die Pulpa auch durch das Dentin hindurch. Eine solche habe ich in keinem einzigen Falle bemerkt. Weiter spricht er vom Auftreten leichter Periodontiden, falls die Einlagen länger als sechs Tage lagen. Ich habe im Gegensatz hierzu bei zehn Tage lang liegenden Einlagen keine Periodontitis auftreten sehen. Überdies schließt Bonn auf das Entstehen multipler Blutungen, insbesondere aus den Kapillaren, sowie auf die Veränderung der Pulpanerven durch direkte chemische Einwirkung des $SiO_2$. Schließlich erklärt er, die Wirkung des $SiO_2$ sei ähnlich der des Scherbenkobalts oder derjenigen der arsenigen Säure. Auch bezüglich dieser letzten drei Punkte bin ich auf Grund der histologischen Untersuchung zu gegenteiliger Ansicht gelangt und werde bei Besprechung der histologischen Ergebnisse darauf zurückkommen.

Allgemein sei noch zu den Versuchen mit $SiO_2$ bemerkt, daß sie sowohl mit dem amorphen wie mit dem kristallinischen $SiO_2$ ausgeführt wurden. Der Erfolg war immer der gleiche. Stets war jedoch feinste Pulverisierung notwendig, während beim Auflegen von kleineren Stücken kein Erfolg zu verzeichnen war. Schließlich habe ich mehrere Einlagen zehn Tage liegen lassen. Das Ergebnis war genau dasselbe wie bei kürzerer Dauer der Einlage. Weder

während der Untersuchung nach Herausnahme der Einlage, noch im histologischen Bilde unterschieden sich die länger dem $SiO_2$ ausgesetzten Pulpen von den anderen mit kürzerer Einwirkungszeit. Länger als zehn Tage habe ich die Pulpa zwecks nachfolgender histologisch-pathologischer Untersuchung dem $SiO_2$ nicht ausgesetzt, da eine breit freigelegte und dabei unbedingt verletzte Pulpa nach etlicher Zeit auf alle Fälle pathologische Gewebsveränderungen aufweisen wird, je schneller, je geringer ihre vitale Energie ist, was sowohl bei einzelnen Zähnen des gleichen Individuums wie auch beim einzelnen Individuum sehr verschieden sein kann, wie ich während meiner Tätigkeit als Zahnarzt häufig zu beobachten Gelegenheit hatte.

### 2) Versuche mit chemisch reinem Silicium.

Bei Verwendung des in bereits erwähnter Weise gewonnenen amorphen Siliciums in allen fünf Spezialfällen habe ich genau dieselbe Wirkung beobachtet wie nach Anwendung von $SiO_2$. Bei normaler wie bei pathologischer Pulpa, klinisch wie histologisch, stets waren die Erscheinungen die gleichen wie beim $SiO_2$.

### 3) Versuche mit kolloidaler Kieselsäure.

Die kolloidale Kieselsäure habe ich sowohl als Gallerte wie auch getrocknet in allen fünf Spezialfällen verwandt. Zunächst sei die Einwirkung auf die normale Pulpa betrachtet, wobei ich bemerke, daß beide Formen der Säure gleichen Erfolg zeitigten.

Wie bei dem $SiO_2$, so fand auch bei der kolloidalen Kieselsäure eine Wirkung auf die Pulpa durch das Dentin hindurch nicht statt, vielmehr mußte die Pulpa erst breit freigelegt werden, um Wirkung zu erzielen. Nach Aufbringen des Mittels auf die nicht blutende Pulpa wurde mit Guttapercha verschlossen. Nach zwei bis drei Tagen im allgemeinen, gelegentlich auch nach längerer Dauer, wurde die Einlage entfernt. Schmerzen waren in der Zwischenzeit nie aufgetreten. Nach Herausnahme der Einlage wurde ein grauweißer Schorf auf der Pulpa sichtbar, der indeß nur sehr oberflächlich war. Unmittelbar darunter begann wieder das gesunde unveränderte Pulpagewebe mit den Symptomen der normalen Pulpa. Nur die Empfindung auf warm oder kalt fehlte.

Zwischen der normalen und der pathologischen Pulpa machte sich eine unterschiedliche Wirkung der kolloidalen Kieselsäure nur insofern bemerkbar, als der pulpitische Schmerz unmittelbar nach Legen der Einlage schwand. Im übrigen waren alle Erscheinungen die nämlichen wie bei der normalen Pulpa.

### 4) Versuche mit Natriumsilikat.

Das kieselsaure Natrium habe ich in allen fünf Spezialfällen ausprobiert, aber wie bei den bisher mit Siliciumpräparaten angestellten Versuchen eine Wirkung nur auf die breit freigelegte Pulpa konstatieren können. Durch Dentinschichten hindurch war eine Einwirkung auf die Pulpa nicht vorhanden. Angewandt habe ich das Mittel mit gleichem Erfolge sowohl in konzentrierter Form wie auch in 50% wässeriger Lösung. Betrachten wir zunächst wieder das Ergebnis bei normaler Pulpa.

Nach Einlage des Mittels auf die nicht mehr blutende Pulpa wurde unter Vermeidung jeglichen Druckes mit Guttapercha verschlossen und der Patient nach drei bis vier Tagen, in einigen Fällen auch nach acht bis zehn Tagen, wieder bestellt. Schmerzen waren in der Zwischenzeit nie aufgetreten. Nach Herausnahme der Einlage bot sich folgendes Bild.

Während sich nach Verwendung von kolloidaler Kieselsäure ein grauweißer Schorf gebildet hatte, fehlte dieser beim Natriumsilikat völlig. Die beim Freilegen verletzte Pulpa erschien wie unverletzt, resp. bot das Bild einer gut verheilten Wundfläche. Die Farbe war normal, die Pulpawundfläche matt glänzend und trocken. Auf leise Berührung mit einer Knopfsonde war wohl Empfindung vorhanden, dieselbe war aber ohne Zweifel geringer wie die einer normalen Pulpa sonst zu sein pflegt, die nicht in genannter Weise behandelt ist. Empfindung beim Ausspritzen mit warmem oder kaltem Wasser war nicht vorhanden. Bis auf die eben geschilderte Herabminderung der Schmerzempfindung war die Pulpa stets normal. Wir kommen nun zur Wirkung des $Na_2SiO_3$ auf die pathologische Pulpa.

Die Einwirkung des Natriumsilikates auf die pathologische Pulpa ist genau dieselbe wie auf die gesunde, nur mit dem Unterschiede, daß die zu Anfang vorhandenen pulpitischen Schmerzen unmittelbar nach der Einlage zu schwinden pflegten. Nach Herausnahme der Einlage nach drei bis vier Tagen bot sich dann auch in diesem Falle das bereits geschilderte Bild einer verheilten Pulpa.

### 5) Versuche mit Kaliumsilikat.

Auf die Darstellung der Einwirkung des Kaliumsilikates auf die normale wie auch auf die pathologische Pulpa kann ich verzichten, da diese in allen Einzelheiten bei normaler wie pathologischer Pulpa genau dieselbe ist, wie beim kieselsauren Natrium. Nur soviel sei gesagt, daß ich auch das kieselsaure Kalium sowohl konzentriert als auch zu 50% mit aq. dest. verdünnt in allen fünf Spezialfällen ausprobiert habe.

## Vergleichsweise Zusammenfassung der Resultate.

Nachdem ich nun die Erfolge, die ich bei meinen Versuchen mit dem jeweiligen Siliciumpräparat am menschlichen Zahne hatte, dargelegt habe, will ich nochmals kurz ihre gleiche wie unterschiedliche Wirkungsweise zusammenfassen. Alle Präparate zeigen gemeinsames, zum Teil auch verschiedenes Verhalten den Zahnsubstanzen gegenüber. Gemeinsam ist ihre in den ersten vier Spezialfällen erwiesene Unfähigkeit, das Dentin zu durchdringen, weiter die Herabsetzung der Schmerzempfindlichkeit der normalen Pulpa, sowie ihre fast sofortige Schmerzbeseitigung bei Pulpitis. Unterschiede finden sich in folgendem:

Während sich unter dem $SiO_2$ und dem amorphen $Si_2$ ein rotbrauner Schorf bildet, sieht letzterer bei $H_4SiO_4$ grauweiß aus und fehlt ganz beim Natrium- und Kaliumsilikat, wo wir statt dessen das Bild der Verheilung vor uns haben. Während aber die Intensität der Wirkung bei der kolloidalen Kieselsäure, dem Natrium- und Kaliumsilikat als gleichwertig betrachtet werden kann, ist der Wirkungseffekt beim Siliciumdioxyd und dem chemisch reinen Silicium ein bedeutend größerer. Beim $SiO_2$ und chemisch reinem Silicium bleibt es nicht bei einer Herabsetzung der Schmerzempfindlichkeit in dem Grade wie bei den anderen Präparaten. Dieselbe ist viel stärker, so stark, daß eine Extirpation der Pulpa mit sich anschließender Wurzelfüllung erfolgen kann.

Nach Bonn entsteht nun dieses Resultat der Wirkung des $SiO_2$ dadurch, daß die Wirkung des Siliciumdioxyds ähnlich ist derjenigen der arsenigen Säure oder des Scherbenkobalts. Letztere nun verursachen Nekrose der Pulpa und der nachfolgende histologisch-pathologische Untersuchungsbefund wird uns Aufklärung darüber geben, ob der Auffassung Bonns die Berechtigung zuzusprechen ist.

## Histologisch-pathologische Untersuchungsbefunde

Als Untersuchungsobjekte dienten mir die nach Einwirkung von Siliciumdioxyd und chemisch reinem Silicium extrahierten Pulpen. Bei diesen war die Siliciumwirkung am ausgesprochensten und es bestand die Aussicht, etwaige pathologische Veränderungen im Gewebe gerade bei ihnen im mikroskopischen Bilde am deutlichsten wahrnehmen zu können. Die technischen Vorbereitungen für die Untersuchung geschahen in folgender Weise.

Unmittelbar nach vorsichtiger Extraktion der Pulpa wurde dieselbe in ältere 10% Formalinlösung übertragen. Eine ältere Formalinlösung wurde deshalb genommen, da sich erfahrungsgemäß in Formalinlösungen, wenn sie länger stehen, Ameisensäure bildet. Hierdurch sollten etwaige im Pulpagewebe liegende Verkalkungsherde aufgelöst werden, was sich unter dem Mikroskop an einzelnen Schnitten auch als tatsächlich geschehen erwies. Alsdann erfolgte in üblicher Weise Einbettung in Paraffin sowie Anfertigung von Serienschnitten. Es wurde sowohl in Kern- wie Nervenfärbung untersucht. Die Kernfärbung wurde teils in Hämatoxylin-Eosin, teils mit Hämalaun-Erythrosin ausgeführt. Bei der Nervenfärbung wurde die Methode nach Heidenhain gewählt. Die Untersuchungsbefunde waren folgende:

In allen Schnitten wurde normales, unverändertes Gewebe gefunden. Das einzig Pathologische war der Schorf an der Einwirkungsstelle, sowie gelegentlich eine Stelle mit geringer Blutung aus den Kapillaren und diese ist auch nicht auf das Konto der Siliciumwirkung zu setzen, sondern sie ist durch den Extraktionsakt entstanden, denn sonst hätten die Blutungen eben, wie Bonn schreibt, multipel und stark auftreten müssen, was jedoch nicht der Fall war. Von einer Nekrose konnte nun ganz und gar nicht die Rede sein. Dann hätte, neben anderen Zeichen, vor allem Kernschwund vorhanden sein müssen. Gerade das Gegenteil war der Fall. Klar und deutlich waren die Zellkerne sichtbar. Besonders bei den mit Hämalaun-Erythrosin gefärbten Schnitten konnte man in den in der Längsrichtung vom Schnitt getroffenen Arterien noch deutlich normale, völlig unveränderte Blutkörperchen bemerken. Nicht die leiseste Erscheinung des eingetretenen Zelltodes der Blutkörperchen, wie z. B. die Zusammenballung derselben, war vorhanden. Es muß also lebensfrisches Gewebe unbedingt zur Fixation gelangt sein.

Aber auch von den nach Bonn prall gefüllten Blutgefäßen habe ich nichts bemerken können. Die Blutgefäße waren normal, auch die Kapillaren nicht erweitert. Dies war sogar der Fall bei denjenigen Pulpen, die vor ihrer Behandlung mit Silicium pulpitisch waren, sich also in einem pathologischen Zustande mit erweitertem Gefäßsystem befunden haben. Nach der Einlage schwand jedoch die Pulpitis, wovon das histologische Bild beredtes Zeugnis ablegte.

Desgleichen ergaben die Schnittserien mit Nervenfärbung völlig normalen Befund.

Was Bonn zu seiner Annahme von prall gefüllten Blutgefäßen und multiplen Blutungen nach Siliciumeinwirkung auf die Pulpa veranlaßt hat, sind jedenfalls die im Verhältnis zur Arsenwirkung

stärkeren Nachblutungen nach Extraktion der Pulpa. Aber anormal stark sind mir diese nie vorgekommen. Sie entsprachen den Blutungen, die eintreten, wenn man eine lebende Pulpa mit Cocain in Druckanästhesie unempfindlich macht und dann extrahiert.

## Folgerungen aus dem Vergleich der Resultate der klinischen Untersuchung mit denen der histologischen .. .. .. .. ..

Vergleichen wir nun die Resultate der klinischen Untersuchung mit denen der histologischen, so kommen wir zu folgendem Ergebnis.

Bis auf die oberflächliche Ätzwirkung der kolloidalen Kieselsäure ist nirgends ein schädlicher oder gar devitalisierender Einfluß durch eines der angewandten Siliciumpräparate auf das Pulpagewebe zu verzeichnen. Der rotbraune Schorf nach Siliciumdioxyd ist nur normales Blutcoagulum und nicht ein Ätzschorf, der durch das $SiO_2$ verursacht ist, da dieses ja ein neutrales Pulver darstellt, und der nach Anwendung der kolloidalen Kieselsäure entstandene Schorf ist lediglich eine spezifische Säure- und nicht Siliciumwirkung. Immerhin ist die Frage, ob das Silicium schädigend auf die Pulpa einwirkt oder nicht, durch obiges Ergebnis noch nicht restlos gelöst. Es läßt sich immer noch die Hypothese aufstellen:

„Wenn ein Siliciumpräparat in direkte Berührung mit der Pulpa gelangt, so ist die Siliciumwirkung derart, daß das Gewebe nach etlicher Zeit pathologische Veränderung zeigt und nun allmählich zu Grunde geht, also eine erfolgte Überreicherung mit Silicium nicht übersteht".

Diese Hypothese ließ sich nun durch Untersuchungen nach längerer Wirkungszeit der Einlage auf die Pulpa nicht klären, da bei einer derart verletzten Pulpa, wie es das breite Freilegen der Pulpa selbst bei größter Vorsicht nun einmal mit sich bringt, nach etlicher Zeit stets auf pathologische Veränderungen zu rechnen ist. Ich war daher genötigt, mich auf Untersuchungen auf breiterer Basis zu stützen. Derartige Versuche waren schon von H. Schulz gemacht und die Ergebnisse habe ich bereits besprochen. Schulz hat das Silicium per os einnehmen lassen und dann lediglich die Folgen der Überhäufung des Gesamtorganismus mit Silicium nachgewiesen, die Überreicherung einzelner Organe resp. Gewebe mit Silicium hat er jedoch nicht in den Kreis seiner Betrachtungen einbezogen. Ebenso ist von anderer Seite in dieser Beziehung wissenschaftlich noch nicht gearbeitet. Diese Lücke war nunmehr auszufüllen und ihr galten die folgenden Tierversuche am Hunde.

## Tierversuche am Hunde .. .. .. ..

Zunächst beschloß ich, die Einwirkung der pulverförmigen Siliciumpräparate, nämlich des chemisch reinen Siliciums und des Siliciumdioxyds auf die Gewebe zu erproben.

In frisch gesetzte aseptische Wunden wurden beide Pulver eingestreut und alsdann die Wunden vernäht. Unter reichlicher Wundsekretbildung wurden Pulverpartikelchen aus den Wunden, die etwas geschwollen waren, herausgeschwemmt, worauf glatte Heilung eintrat.

Anschließend wurden die gleichen Versuche mit Kieselsäuregallerte, Natrium- und Kaliumsilikat gemacht. Es erfolgte glatte Wundheilung mit sehr wenig Wundsekretbildung.

Die folgenden Versuche bestanden sämtlich in Injektionen von wasserlöslichen Siliciumpräparaten in die Gewebe. Zuerst wurde kolloidale Kieselsäure in Form einer gesättigten $1^3/_4\%$ wässerigen Lösung sowie wässerige $5\%$ und $10\%$ Natrium- und Kaliumsilikatlösungen und zwar in jedem Falle 1 ccm unter die Mundschleimhaut und in die Muskulatur der über dem Oberkiefer liegenden Wangenpartieen injiziert. Unmittelbar nach der Injektion machte sich das Auftreten eines etwa linsengroßen, circumscripten, hochroten Fleckes um jede Einstichöffnung bemerkbar. Nach ungefähr vier Stunden traten in der Umgebung der Einstiche Schwellungen auf, die sich innerhalb der nächsten beiden Tage verstärkten, aber immerhin noch als mäßig stark bezeichnet werden konnten. Das Gewebe in den Schwellungen erschien bretthart infiltriert und war auf mäßigen Fingerdruck nicht empfindlich. Rein äußerlich und auf Grund des Befühlens hätte man einen circumscripten Tumor vermuten können. Im übrigen wurde das Tier durch die Schwellungen nicht sonderlich gestört. Sie waren nicht oder nur sehr wenig schmerzhaft und störten z. B., trotzdem die Wangenpartieen beider Seiten geschwollen waren, die Nahrungsaufnahme nicht. Auch sonst war das Verhalten des Hundes normal. Fieber war nicht vorhanden. Im weiteren Verlaufe wurden die injizierten Gewebsteile nekrotisch und stießen sich ab. Die Schwellungen gingen allmählich zurück und nach ungefähr 14 Tagen war Ausheilung eingetreten.

Ein derartiger Verlauf war zu erwarten, denn da die kolloidale Kieselsäure eine Säure darstellt, während Natrium- und Kaliumsilikat stark alkalisch reagieren, so mußte ihre Injektion in die Gewebe deren Existenz schwere Schädigung resp. Vernichtung bringen. Ich habe indes auf diese Versuche der Vollständigkeit halber und um ganz sicher zu gehen, nicht verzichten wollen.

Um nun unter Ausschaltung von Nebenwirkungen eine absolut einwandfreie Siliciumwirkung zu erreichen, war ich genötigt mir ein neutrales, im Höchstfalle ganz leicht alkalisch reagierendes Siliciumpräparat herzustellen und solches gelang mir in Form der neutralisierten Kieselsäurelösung. Die mit dieser bei Besprechung der Chemie der Kieselsäure bereits erwähnten Siliciumform, welche die höchstmögliche neutrale wässerige Lösungsform des Siliciums darstellt, ausgeführten Versuche endlich konnten ein einwandfreies Ergebnis zeitigen. Nach Injektion von 2 ccm der 2,5% Lösung unter die Mundschleimhaut und in die Wangenmuskulatur entwickelte sich folgendes Bild.

Nach etwa sechs Stunden traten ganz leichte Schwellungen auf, die sich während des nächsten Tages vielleicht noch um ein Geringes verstärkten. Die Schwellungen fühlten sich hart infiltriert an, waren jedoch nicht circumscript, sondern gingen allmählich in das normale Gewebe über. Auf mäßigen Druck waren die Schwellungen unempfindlich, auch störten sie das Tier in der Nahrungsaufnahme nicht im mindesten. Irgendwelche Störungen im sonstigen Wohlbefinden des Tieres wurden nicht bemerkt. Fieber war nicht vorhanden. Die Schleimhäute an den Injektionsstellen zeigten völlig normale Farbe. Am dritten Tage ging die Schwellung rapide zurück und war gegen Abend völlig geschwunden. Irgendwelche nachteiligen Folgen waren nicht zurückgeblieben. Ein weiterer gleicher Kontrollversuch führte zum nämlichen Ergebnis.

Zur Vervollständigung der Untersuchungen habe ich als letzten Versuch noch zwei Injektionen mit je 2 ccm das erste Mal selbst hergestellter und das zweite Mal aus der Apotheke bezogener aqua silicata gemacht. Außer in beiden Fällen ganz leichter Schwellung, die jedoch nach ungefähr einer Stunde schon wieder geschwunden war, habe ich irgend etwas nachteiliges nicht bemerken können. Nur ein Umstand erschien mir bemerkenswert. Während die übrigen höherprozentigen Injektionen, auch bei schädigender Wirkung auf die Gewebe, schmerzlos waren, verursachten diese letzteren dem Versuchstiere sichtbar Schmerzen sowohl während der Injektion wie auch noch kurze Zeit hinterher.

## Zusammenfassung der Resultate der Tier-Experimente .. .. .. .. .. ..

Betrachten wir die Resultate, die uns die Tierversuche brachten, so sind sie bezüglich des Siliciums folgende.

Dauernde Schädigung oder gar Vernichtung von Gewebsteilen war durch das Silicium als solches nie erfolgt. Wo eine Behinderung in der Wundheilung, wie beim chemisch reinen Silicium und Siliciumdioxyd oder Nekrose, wie beim Natrium- und Kaliumsilikat und der kolloidalen Kieselsäure, eintrat, waren dies keine spezifischen Siliciumerscheinungen, sondern sie resultierten entweder aus dem Mangel an Resorptionsfähigkeit der Mittel, wodurch dieselben als Fremdkörper auf das Gewebe wirkten, oder aber es waren spezifische Säure- resp. Alkaliwirkungen.

## Folgerungen auf Grund von Versuchsergebnissen

Nehmen wir die Ergebnisse, die H. Schulz mit seinen Versuchen durch Einnehmen von $SiO_2$ per os erreicht hat, zur Vervollkommnung der Schlüsse zu Hilfe, so ist durch die Tierversuche, bei denen doch die höchstmögliche konzentrierte wässerige neutrale Siliciumlösung Gewebsteilen einverleibt wurde, wobei die Gewebe diese gewaltsame Überschwemmung mit Silicium ohne dauernde Nachteile überstanden haben, bewiesen, daß es sehr wohl möglich ist, eine partielle Übersättigung von Organen resp. Geweben mit einer Siliciummenge herbeizuführen, die, wenn sie in gleicher Konzentration in den übrigen Organen resp. Geweben abgelagert würde, sicherlich zu den schwersten Erscheinungen, wenn nicht zum exitus letalis führen würde. So erklärt sich auch der normale Befund des Pulpagewebes nach Einwirkung der Siliciumpräparate, denn eine so starke Siliciumansammlung wie bei den Injektionen kann durch die Siliciumeinlagen auf die Pulpen unmöglich entstehen. Man denke an das selbst bei leicht löslichen Präparaten doch verhältnismäßig immerhin langsame Übergehen in Lösung im Gewebssafte und an dessen fortwährenden Übergang in den Blutkreislauf. Als Beweis hierfür führe ich wieder den normalen Gewebsbefund der histologischen Untersuchungen an. Hätte eine stärkere Siliciumkonzentration im Gewebssafte der Pulpa stattgefunden, so hätten, entsprechend dem Verhalten der anderen mit Silicium übersättigten Gewebe, eine Schwellung, verbunden mit Hyperämie die Folge sein müssen, und da Schwellungen im Wurzelkanal nicht möglich sind, so hätte mindestens eine Hyperämie die Folge sein müssen, was jedoch nach dem mikroskopischen Bilde nicht der Fall war. Ebenso ist nunmehr die nach Abschluß der Versuche, mittels Siliciumeinlagen Einwirkungen auf die Pulpa zu bekommen, aufgestellte Hypo-

these hinfällig und der Beweis erbracht, daß eine pathologische Wirkung des Siliciums als solches auf die Pulpa ausgeschlossen ist.

Nun bleibt noch eine Frage zu erklären und diese lautet: „Warum ist die schmerzherabsetzende Wirkung des Siliciums gerade beim $SiO_2$ und dem chemisch reinen Silicium so sehr bedeutend, wo diese doch gerade zu den am wenigsten und schwersten löslichen Siliciumverbindungen gehören?“

Gemäß den dargelegten Untersuchungsergebnissen handelt es sich nicht um eine Spezialwirkung, die das chemisch reine Silicium und das Siliciumdioxyd den anderen Siliciumverbindungen voraus haben, sondern lediglich um eine besonders stark ausgeprägte Siliciumwirkung, die sich in einer starken Herabsetzung der Schmerzempfindlichkeit äußert. Ohne Frage bietet sich Grund für die Annahme, daß die erhöhte Schmerzherabsetzung durch Einwirkung des chemisch reinen Siliciums und des Siliciumdioxyds auf die Nervenbahnen der Pulpa dadurch stattfindet, daß infolge von Lipoidlöslichkeit der Mittel diese besonders in die Nervensubstanz eindringen. Durch die bereits erwähnte Prüfung auf Lipoidlöslichkeit von $Si_2$ und $SiO_2$ ist die Hinfälligkeit der Hypothese dargetan, da die Prüfung negativ ausfiel.

Wie aus den bei Besprechung der Chemie des Siliciums bereits erwähnten Versuchen von Pauli-Samek hervorgeht, ist der mittlere Wert der Lösungsfähigkeit das $SiO_2$ für Wasser 0,023, für Blutserum dagegen 0,030 auf 100 Gramm Flüssigkeit. Noch leistungsfähiger als das Serum im Auflösen des Siliciums ist eben der Organismus der lebenden Zelle, auf die scheinbar das in Pulverform dargereichte Silicium einen Reiz ausübt, der sie zu starker Resorption desselben, wie bei der Pulpa, oder aber zur Fortschwemmung desselben, wie bei der Wunde, durch Sekretbildung veranlaßt. Wahrscheinlich ist sogar beides der Fall. Nur wird die Sekretbildung bei der Pulpa wegen der Kleinheit des Objektes nicht bemerkbar sein, während andrerseits die Herabminderung der Schmerzempfindlichkeit der Wunde beim Tiere in Versuchen der angegebenen Form (Einstreuen von pulverförmigem Si und $SiO_2$ in Wunden) ebenfalls nicht bemerkbar ist. Schließlich wird uns auch das Fehlen jeglicher Nachschmerzen speziell bei den sich an die Extraktion der Pulpa anschließenden Wurzelfüllungen nach Stillung der Blutungen unter Zuhilfenahme starker Ätzmittel wie Chlorphenol, Trichloressigsäure usw. erklärlich. Wir müßten in diesem Falle, genau wie bei Extirpation der Pulpa unter Druckanästhesie oder Lokalanästhesie, starke Nachschmerzen erwarten. Da diese aber nie aufgetreten sind, so ist dies der beste Beweis, daß das Silicium durch das for. apicale hindurch auf das

periapicale Gewebe einwirkt und überdies nach Herausnahme der Einlage auch noch nachwirkt. Da ferner alle die mit Silicium in entsprechender Weise behandelten Zähne reaktionslos ihren Dienst im Munde verrichten, so spricht auch dieser Umstand gegen einen schädigenden Einfluß des Siliciums.

## Therapeutische Auswertung der Untersuchungsergebnisse .. .. .. ..

Der Zahnheilkunde haben die Versuche der vorliegenden Arbeit in therapeutischer Beziehung hoffentlich den Nutzen gebracht, daß sie das Mißtrauen zerstreuen, welches sich mit dem Silicium als Zusatz zu den Silikatzementpulvern in mehr oder minder großem Maße in großen Kreisen der Zahnärzteschaft verband. Eine weitere therapeutische Anwendung des chemisch reinen Siliciums oder des Siliciumdioxyds ist ferner gegeben bei der Wurzelbehandlung von Milchzähnen, wenn man Arsen vermeiden will, und an Stelle der Devitalisierung der Pulpa mit arseniger Säure oder Scherbenkobalt in dem sehr seltenen Falle einer so hochgradigen Idiosynkrasie eines Patienten gegen Arsen, daß dieses besser nicht zur Anwendung gelangt. Weiterhin leistet das Silicium zur Schmerzbeseitigung bei Pulpitiden ausgezeichnete Dienste bei freiliegender Pulpa.

## Schlußbetrachtungen .. .. .. ..

Das Silicium und seine Verbindungen gehören bis auf den heutigen Tag nicht zum offiziellen Arzeneischatz und haben daher keinen Eingang in die Pharmakopoe gefunden. Nichtsdestoweniger haften ihnen therapeutische Eigenschaften an, die zum Nutzen der Menschheit verwertet werden. Aber immerhin, das Silicium ist in therapeutischer Beziehung noch viel zu wenig erforscht, um seinen wahren Wert für die Heilkunde völlig erkennen zu können.

Möge es dieser Studie vergönnt sein, als ein Schritt auf dem Wege der Erkundung eines so weit verbreiteten, in seiner Wirkung auf den menschlichen Organismus aber noch unzulänglich und unvollkommen erforschten Elementes zu dienen.

## Krankengeschichten .. .. .. ..

1. Franz L.: Rechter oberer großer Schneidezahn mesial und linker oberer großer Schneidezahn mesial haben beginnende Karies. Nach Ausbohren der Cavitäten bis zur Schmelzdentingrenze Einlagen mit $SiO_2$. Nach drei Tagen keinerlei Wirkung.

2. Thomas G.: Rechter oberer großer Schneidezahn distal und rechter oberer kleiner Schneidezahn mesial haben oberflächliche Cavitäten. Nach Ausbohren derselben reichte der Boden der Höhlen etwas über die Schmelzdentingrenze hinaus. Nach dreitägiger Einlage von $SiO_2$ keinerlei Wirkung. Nach nochmaliger viertägiger Einlage von chemisch reinem Silicium ebenfalls keine Wirkung.

3. Martha W.: Linker oberer Eckzahn distal hat beginnende Schmelzkaries. Nach Ausbohrung der Höhlung bis zur Schmelzdentingrenze Einlage mit $Si_2$. Nach vier Tagen keinerlei Wirkung. Desgleichen keine Wirkung nach dreitägiger Einlage von konzentriertem Natriumsilikat.

4. Elfriede W.: Rechter unterer erster Molar hat distal eine Cavität. Schmerzen waren bislang noch nicht vorhanden. Nach Ausbohren der Cavität schimmert die Pulpa durch. Dreitägige Einlage zuerst mit $Si_2$, dann mit $SiO_2$, waren erfolglos.

5. Arthur H.: Rechter unterer erster Molar hat Fissurenkaries. Schmerzen waren bislang nicht vorhanden. Nach Ausbohren der Cavität schimmert die Pulpa durch. Viertägige Einlagen zuerst mit $H_4SiO_4$, dann mit $N_2SiO_3$ und $K_2SiO_3$, waren erfolglos.

6. Lotte K.: Rechter unterer erster Prämolar hat distal beginnende Schmelzkaries. Nach Ausbohrung bis zur Schmelzdentingrenze dreitägige Einlagen mit $H_4SiO_4$, dann Kaliumsilikat. Keinerlei Wirkungen.

7. Gustav D.: Linker oberer dritter Molar hat Fissurenkaries. Schmerzen waren bislang nicht vorhanden. Nach Ausbohren der Cavität ging der Boden derselben um ein geringes über die Schmelzdentingrenze hinaus. Je dreitägige Einlagen von $H_4SiO_4$, $Na_2SiO_3$ und $K_2SiO_3$ hatten keinen Erfolg.

8. Hanna N.: Linker unterer Eckzahn ist distal kariös. Schmerzen waren bislang nicht vorhanden. Beim Ausbohren der Cavität wird die Pulpa punktförmig freigelegt. Je viertägige Einlagen von $Si_2$ und $SiO_2$ bleiben resultatlos.

9. Werner Sp.: Rechter oberer zweiter Prämolar hat mesial eine größere Cavität. Schmerzen waren noch nicht aufgetreten. Beim Excavieren wird die Pulpa punktförmig freigelegt. Je drei-

tägige Einlagen von $H_4SiO_4$, $Na_2SiO_3$ und $K_2SiO_3$ zeitigten keinerlei Erfolg.

10. Hugo L.: Rechter oberer Eckzahn war distal kariös. Schmerzen waren bislang nicht vorhanden. Beim Ausbohren wurde die Pulpa breit freigelegt. Nach viertägiger Einlage von $SiO_2$ wurde die Pulpa exstirpiert und die Wurzel gefüllt. Die Nachblutung nach der Extirpation war stärker, der Schmerz bei der Extirpation mäßig. Nachschmerzen sind nicht aufgetreten. Histologische Untersuchung ergab normales Gewebe.

11. Martha H.: Rechter oberer erster Schneidezahn war distal kariös. Schmerzen hatten sich bisher nicht eingestellt. Beim Ausbohren wurde die Pulpa breit freigelegt. Nach viertägiger Wirkung von $Si_2$ wurde die Pulpa unter mäßigem Schmerz entfernt und die Wurzel gefüllt. Die Blutung war stärker. Nachschmerzen traten nicht auf. Die histologische Untersuchung ergab normales Gewebe.

12. Martha G.: Rechter unterer zweiter Prämolar war mesial kariös. Schmerzen hatten sich noch nicht eingestellt. Beim Ausbohren wurde die Pulpa breit freigelegt. Nach viertägiger Einlage von $Na_2SiO_3$ etwas herabgesetzte Empfindlichkeit. Bild der Verheilung. Nach nochmaliger dreitägiger Einlage von $Na_2SiO_3$ keine Verstärkung der Wirkung. Nunmehr Einlage von $SiO_2$. Nach drei Tagen Extirpation der Pulpa unter geringem Schmerz. Stärkere Nachblutung. Keine Schmerzen nach der Wurzelfüllung. Die histologische Untersuchung ergab normales Gewebe.

13. Josef B.: Linker unterer erster Prämolar war mesial kariös. Schmerzen waren bislang nicht vorhanden. Beim Excavieren wurde die Pulpa breit freigelegt. Nach dreitägiger Einlage von $H_4SiO_4$ herabgesetzte Empfindlichkeit. Bildung eines grauweißen oberflächlichen Schorfes. Nach mehrmaliger dreitägiger Einlage keine Erhöhung der Wirkung. Nunmehr viertägige Einlage von $Si_2$. Extraktion der Pulpa unter mäßigem Schmerz und mäßiger Blutung. Kein Nachschmerz nach Wurzelfüllung. Die histologische Untersuchung ergab normales Gewebe.

14. Helene R.: Linker oberer erster Schneidezahn war distal kariös. Schmerzen waren noch nicht beobachtet worden. Beim Ausbohren wurde die Pulpa breit freigelegt und $K_2SiO_3$ appliziert. Nach drei Tagen bot die Pulpa das Bild der Verheilung. Die Schmerzempfindung war herabgesetzt. Dreitägige Wiederholung der Einlage ergab keine erhöhte Wirkung. Nunmehr nach dreitägiger $SiO_2$-Wirkung Extirpation der Pulpa unter mäßigem Schmerz und stärkerer Nachblutung. Keine Nachschmerzen nach sich anschließender Wurzelfüllung. Die histologische Untersuchung ergab normales Gewebe.

15. Walther C.: Obere beiden ersten Schneidezähne waren mesial defekt. Bei beiden waren pulpitische Schmerzen vorhanden. Beim Ausbohren der Cavitäten wurden beide Pulpen breit freigelegt und $Na_2SiO_3$ resp. $K_2SiO_3$ appliziert. Schon nach wenigen Minuten schwanden die Schmerzen. Nach vier Tagen das Bild der Verheilung. Nun Einlagen mit $Si_2$. Nach vier Tagen Extraktion der Pulpen unter geringem Schmerz mit stärkerer Nachblutung. Keine Nachschmerzen nach den Wurzelfüllungen. Die histologische Untersuchung ergab normales Gewebe.

16. Guido S.: Rechter oberer erster Schneidezahn war distal kariös. Überdies waren stärkere pulpitische Schmerzen vorhanden. Beim Ausbohren der Cavität wurde die Pulpa breit freigelegt und $H_4SiO_4$ appliziert. Nach wenigen Minuten waren die Schmerzen verschwunden, um nicht wiederzukehren. Nach drei Tagen hatte sich unter der Einlage auf der Pulpa ein grauweißer Schorf gebildet. Im übrigen erschien das unter dem Schorf liegende Gewebe, bis auf eine geringe Schmerzempfindlichkeit, normal. Es erfolgte nunmehr Einlage mit $SiO_2$. Nach drei Tagen Extraktion der Pulpa unter mäßigem Schmerz und geringer Blutung. Keine Nachschmerzen. Die histologische Untersuchung ergab normales Pulpagewebe.

17. Margarete F.: Rechts oben erster Schneidezahn war mesial kariös und hatte pulpitische Schmerzen verursacht. Beim Ausbohren wurde die Pulpa breit freigelegt und $Si_2$ appliziert. Fast unmittelbar darauf schwanden die Schmerzen. Nach drei Tagen fand Extraktion der Pulpa unter mäßigem Schmerz, aber starker Nachblutung statt. Keine Nachschmerzen. Die histologische Untersuchung ergab normales Pulpagewebe.

18. Marie H.: Links unten zweiter Prämolar war distal kariös und hatte pulpitische Erscheinungen aufzuweisen. Beim Excavieren wurde die Pulpa breit freigelegt und $SiO_2$ appliziert. Fast sofort hörten die Schmerzen auf. Nach vier Tagen erfolgte Extraktion der Pulpa unter mäßigem Schmerz, aber stärkerer Blutung. Keine Nachschmerzen. Die histologische Untersuchung ergab normales Gewebe.

19. Bernhard F.: Rechter unterer Eckzahn war mesial kariös und hatte erneut heftige pulpitische Schmerzen hervorgerufen. Beim Excavieren wurde die Pulpa breit freigelegt und $SiO_2$ appliziert. Unmittelbar darauf schwanden die Schmerzen. Nach drei Tagen erfolgte Extraktion der Pulpa unter geringem Schmerz sowie bei geringer Nachblutung. Keine Nachschmerzen vorhanden. Die histologische Untersuchung ergab normales Pulpagewebe.

20. Edwin V.: Linker oberer Eckzahn war lingual kariös und hatte pulpitische Schmerzen hervorgerufen. Beim Ausbohren wurde

die Pulpa freigelegt und $Si_2$ appliziert. Nach drei Tagen erfolgte Extraktion der Pulpa unter geringem Schmerz und mäßiger Nachblutung. Keine Nachschmerzen. Die histologische Untersuchung ergab normales Gewebe.

---

# Literaturverzeichnis


H. Schulz, Vorlesungen über Wirkung und Anwendung der unorganischen Arzeneistoffe. Lehrbuch S. 184.

H. Schulz, Über den Kieselsäuregehalt menschlicher und tierischer Gewebe. Pflüger, Archiv für die Physiologie 84, 67.

H. Schulz, Weitere Mitteilungen über den Kieselsäuregehalt tierischer und menschlicher Gewebe, insbesondere der Whartonschen Sulze. Pflüger, Archiv für die Physiologie 89, 112.

H. Schulz, Über den Kieselsäuregehalt der Whartonschen Sulze. Pflüger, Archiv für die Physiologie 134, 447.

H. Schulz, Der Kieselsäuregehalt der Linse. Pflüger, Archiv für die Physiologie 84, 79.

H. Schulz, Der Kieselsäuregehalt des Bindegewebes. Pflüger, Archiv für die Physiologie 84, 81.

H. Schulz, Nachweis, daß der Kieselsäuregehalt der Organe abhängig ist von ihrem Bindegewebsgehalt. Pflüger, Archiv für die Physiologie 84, 93.

Frauenberger, Gehalt der Whartonschen Sulze menschlicher Nabelstränge an Kieselsäure. Hoppe-Seyler, Zeitschrift für physiologische Chemie 57, 18.

Max Gonnermann, Beiträge zur Kenntnis der Biochemie der Kieselsäure. Hoppe-Seyler, Zeitschrift für physiologische Chemie 99, 255.

H. Gerhartz und A. Striegel, Braners Beiträge zur Klinik der Tuberkulose. Bd. 10, Heft 1.

Gosw. Zickgraf, Braners Beiträge zur Klinik der Tuberkulose 1906, Bd. 5 S. 399.

Helwig, Die Bedeutung der Kieselsäure für Phagocytose und Wundheilung. Zeitschrift für Balneologie 1914. Nummer vom 1. Dezember.

Ladendorf, Über die therapeutische Wirksamkeit der Kieselsäure. Zeitschrift für Balneologie 1912. Nummer vom 15. Juni.

Pauli-Samek, Löslichkeit der Kieselsäure durch Eiweißkörper. Biochemische Zeitschrift 17, 242.

Berg, Gehalt des Speichels an Kieselsäure bei Schulkindern. Biochemische Zeitschrift 24, 290.
H. Kahle, Münch. med. Wochenschrift 1914, 752.
A. Kühn-Rostock, Münch. med. Wochenschrift 1918, 1459.
H. Schulz, Münch. med. Wochenschrift 1902.
Rößle, Münch. med. Wochenschrift 1914, 756.
Robert und Koch, Deutsche medizinische Wochenschrift 1894, 47.
J. Bootz, Über die Wirkung der Kieselsäure auf den gesunden menschlichen Organismus. Diss. Pharmakol. Institut Greifswald 19. Mai 1903.
W. Schümann, Ein Beitrag zur Kenntnis der Pharmakodynamik der Kieselsäure. Diss. Pharmakol. Institut Greifswald, 7. Juni 1915.
Simi Schwarz, Die Einwirkung eines kieselsäurehaltigen Mineralwassers usw. auf die Zahl der Leukocyten im menschlichen Blute. Diss. Rostock 1911.
A. Bonn, Die devitalisierende Wirkung von Silikatzementfüllungen auf die Zahnpulpa. Diss. Halle 1920.

Herrn Geheimrat Koerner, Direktor ,und Herrn Dr. med. et. med. dent. Schoenlank, Assistent des Zahnärztlichen Instituts der Universität Halle, danke ich für die Anregung zu der Arbeit und die freundliche Unterstützung zu derselben.

# Inhaltsverzeichnis


Seite

1. Einleitung . . . . . 1
2. Chemie des Siliciums und der angewandten Siliciumpräparate . . . . . 2
   a) Allgemeines . . . . . 2
   b) Das Siliciumdioxyd in chemischer und mineralogischer Beziehung . . . . . 2
   c) Das chemisch reine, amorphe Silicium und seine Herstellung . . . . . 3
   d) Die kolloidale Kieselsäure und ihre Gewinnung . 3
   e) Das Natriumsilikat nebst seiner Prüfung auf Beimischung von Natronlauge . . . . . 3
   f) Das Kaliumsilikat nebst seiner Prüfung auf Beimischung von Natronlauge . . . . . 4
   g) Neutralisierte Siliciumlösungen und ihre Herstellung 4
   h) Über Lipoidlöslichkeit des Siliciums . . . . . 5
3. Die Beziehungen der Kieselsäure zum Organismus und ihre Wirkungen auf denselben . . . . . 6
4. Die therapeutische Verwendung der Kieselsäure . . . 8
5. Eigene Versuche mit Silicium und ihre Resultate . . . 9
   a) Allgemeines . . . . . 9
   b) Versuche mit Siliciumdioxyd nebst vergleichend kritischer Besprechung der Resultate . . . . . 10
   c) Versuche mit amorphem Silicium . . . . . 13
   d) Versuche mit kolloidaler Kieselsäure . . . . . 13
   e) Versuche mit Natriumsilikat . . . . . 14
   f) Versuche mit Kaliumsilikat . . . . . 14
   g) Vergleichsweise Zusammenfassung der Versuchsresultate nebst Folgerungen aus ihnen . . . . . 15
6. Histologisch-pathologische Untersuchungsbefunde nebst Folgerungen aus denselben . . . . . 15
7. Folgerungen aus dem Vergleich der Resultate der klinischen Untersuchung mit denen der histologischen . . . . . 17
8. Tierversuche am Hunde und ihre Resultate . . . . . 18
9. Vergleichende Gesamtbetrachtung der Resultate der Tierversuche . . . . . 19
10. Folgerungen auf Grund von Versuchsergebnissen . . . 20
11. Therapeutische Auswertung der Untersuchungsergebnisse 22
12. Schlußbetrachtungen . . . . . 22
13. Auswahl von Krankengeschichten . . . . . 23
14. Literaturverzeichnis . . . . . 26

# Curriculum vitae.

Ich, **Otto, Hermann, Martin Miehe,** der Staatsangehörigkeit nach Braunschweiger, bin geboren am 28. Dezember 1886 in Hamburg als Sohn des Telegraphensekretärs A. Miehe. Nachdem ich vier Jahre lang Vorschulen in Hamburg und Braunschweig besucht hatte, genoß ich meine weitere Ausbildung in Braunschweig zunächst auf dem Neuen Gymnasium, von Quarta ab auf dem Realgymnasium, welches ich Ostern 1905 mit Primareife verließ. Anschließend studierte ich sechs Semester Zahnheilkunde in Berlin und Leipzig, woselbst ich am 23. Mai 1908 das zahnärztliche Staatsexamen bestand. Nach mehrjähriger Assistententätigkeit ließ ich mich am 1. Oktober 1911 in Leipzig als Zahnarzt nieder. Als solcher bin ich bis zum heutigen Tage, ausgenommen die Kriegsdienstzeit, tätig. Am 14. Oktober 1919 ließ ich mich zur Erfüllung der Promationsbedingungen wieder in Leipzig immatrikulieren, sodaß ich z. Zt. insgesamt acht Semester studiert habe. Ebenfalls zum Zwecke der Promation erwarb ich am 28. Januar 1920 nachträglich an der Petrischule in Leipzig das Reifezeugnis eines Realgymnasiums. Auf Grund eingereichter Dissertation sowie nachfolgender mündlicher Prüfung in Halle am 18. Juni 1920 bestand ich das Examen zum Doktor der Zahnheilkunde der medizinischen Fakultät der vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg.